JUPITER PRIME
Consulting • Training • Advisory
جوبيتر برايم للاستشارات والتدريب

كتيّب الدورة

# دورة متقدمة في إصلاح حزم المبادلات الحرارية واختبار تسرب الأنابيب

14 – 25 يونيو 2027

دار السلام

info@jupiterprime.uk

jupiterprime.uk

مسجّلة في المملكة المتحدة والمملكة العربية السعودية

# دورة متقدمة في إصلاح حزم المبادلات الحرارية واختبار تسرب الأنابيب

**المرجع:** 906_34228 **التاريخ:** 14 – 25 يونيو 2027 **المكان:** دار السلام **الرسوم:** GBP 14000

إصلاح حزم المبادلات الحرارية واختبار تسرب الأنابيب دورة تدريبية مدتها أسبوعين لمهندسي العمليات والمهندسين الميكانيكيين الذين يقررون متى تسحب حزم المبادلات ذات الغلاف والأنابيب وتنظف وتسد أنابيبها أو يعاد تأنيبها، وتنتهي بإعداد ملف إصلاح حزمة المبادل لوحدة حرجة واحدة. فتسرب الأنابيب يلوث المنتجات ومياه التبريد وشبكات البخار، وكل سحب غير مخطط للحزمة يطيل التوقف. تقدم جوبيتر برايم للتدريب هذه الدورة للمهندسين المسؤولين عن موثوقية المبادلات.

## لماذا يهم إصلاح حزم المبادلات الحرارية واختبار تسرب الأنابيب الآن

ثلاثة ضغوط تشكل صيانة المبادلات اليوم. فطول فترات التشغيل بين التوقفات يعني أن الحزم يجب أن تتحمل دورات ترسب وتآكل أكثر قبل الوصول إليها. وأهداف الطاقة والانبعاثات تجعل كل درجة مفقودة من فرق الاقتراب الحراري مرئية للتشغيل والإدارة المالية. كما يغادر مشرفو ورش الحزم ومفتشو الأنابيب ذوو الخبرة دون أن تدون خبرتهم في الإصلاح. والمنشأة التي تخطط الإصلاح من أدلة الفحص تقصر التوقفات وتتجنب حوادث اختلاط الموائع، أما التي تتعامل مع التسرب بعد وقوعه فتفقد المنتج وتتلف المعدات اللاحقة وتكرر الأعطال نفسها. وتستند الدورة إلى ISO 55001 لأنظمة إدارة الأصول وإلى EN 13306 لمصطلحات الصيانة.

## المستفيدون من إصلاح حزم المبادلات الحرارية واختبار تسرب الأنابيب

- المهندسون الذين يحددون طرق تنظيف الحزم المترسبة وفتراتها
- المختصون الذين يفسرون نتائج فحص الأنابيب وحدود السد
- المهندسون الذين يحددون إعادة التأنيب وتمديد الأنابيب وإصلاح ألواح الأنابيب
- مهندسو العمليات الذين يتابعون حمل المبادل وهبوط الضغط وفرق الاقتراب الحراري
- المخططون الذين يرتبون سحب الحزم وأعمال الورشة والاختبارات الهيدروستاتيكية أثناء التوقفات

تستفيد المجموعات التي تجمع مهندسي العمليات والميكانيكا والفحص من موقع واحد أكثر من غيرها، لأن قرارات إصلاح المبادلات تقع تماما عند نقطة التقاء مسؤولياتهم.

## قدرات إصلاح حزم المبادلات الحرارية واختبار تسرب الأنابيب

يربط المشاركون اتجاهات الأداء الحراري وأدلة حالة الأنابيب بخيارات الإصلاح التي تتخذ في ورشة الحزم.

- حساب مقاومة الترسب من درجات الحرارة والتدفقات في الموقع — قرارات فترات التنظيف
- تقييم تقارير فحص الأنابيب بالتيارات الدوامية والموجات فوق الصوتية الدوارة — اختيار السد أو التبطين أو إعادة التأنيب
- تحديد تمديد وصلة الأنبوب باللوح ولحام الإحكام — مقاولو ورشة الحزم
- اختبار الحزم بالاختبار الهيدروستاتيكي لجهة الغلاف واختبارات تسرب الأنابيب — اعتماد العودة إلى الخدمة
- الموازنة بين مخاطر اهتزاز الأنابيب وتلف الحواجز — طلبات إعادة التصميم أو الاستبدال
- بناء استراتيجية لإصلاح الحزم وقطع غيارها — أصحاب نطاق التوقف وميزانيته

## مصطلحات إصلاح حزم المبادلات الحرارية واختبار تسرب الأنابيب الأساسية

- مقاومة الترسب — المقاومة الحرارية الإضافية الناتجة عن الرواسب على أسطح الأنابيب، وهي تخفض الحمل وترفع استهلاك الطاقة.
- حد سد الأنابيب — نسبة الأنابيب التي يمكن سدها قبل أن يعجز المبادل عن تحقيق حمله أو حدود السرعة.
- الفحص بالتيارات الدوامية — طريقة كهرومغناطيسية تكشف فقد الجدار والتنقر والشقوق في الأنابيب غير المغناطيسية من الداخل.
- وصلة الأنبوب باللوح — الوصلة الممددة أو الملحومة التي تحكم كل أنبوب في لوح الأنابيب ضد التسرب بين الموائع.
- إعادة التأنيب — استبدال كل أنابيب الحزمة أو معظمها مع إعادة استخدام الألواح والحواجز والغلاف.
- فرق الاقتراب الحراري — الفرق بين درجة حرارة خروج أحد الموائع ودرجة حرارة دخول الآخر، وهو مؤشر مباشر على حالة المبادل.

## إصلاح حزم المبادلات الحرارية واختبار تسرب الأنابيب يوما بيوم

### اليوم 1: المبادلات ضمن محفظة الأصول

- ترتيب حرجية المبادلات — ربط الوحدات بعواقب الإنتاج والسلامة
- مبادئ إدارة الأصول في ISO 55001 — تحديد أهداف إصلاح المبادلات
- مصطلحات الأعطال في EN 13306 — إبلاغ متسق عن عيوب الأنابيب والحزم
- صحائف بيانات المبادلات ورسوماتها — قراءة حدود التصميم قبل الإصلاح
- مراجعة حوادث التسرب — دروس من حزم المصافي ومحطات الكهرباء

## اليوم 2: التقييم الحراري ومراقبة الأداء

- فحص الحمل وفرق الحرارة اللوغاريتمي والمعامل الكلي — الحكم على حالة المبادل أثناء التشغيل
- تتبع فرق الاقتراب الحراري — رصد الترسب قبل أن يحد من الإنتاجية
- مراقبة هبوط الضغط — كشف الانسداد والتجاوز
- حساب مقاومة الترسب — تحديد مؤشرات التنظيف من بيانات الموقع
- لوحات أداء شبكات المبادلات — ترتيب أولويات التنظيف بين الوحدات

## اليوم 3: آليات الترسب وطرق التنظيف

- القشور والترسب الحيوي والتفحم والرواسب الصلبة — مطابقة السبب مع طريقة التنظيف
- التنظيف بالماء عالي الضغط والرماح الدوارة — اختيار الضغط والأدوات
- دوائر التنظيف الكيميائي — اختيار المذيب ومعالجة النفايات
- التنظيف أثناء التشغيل ومانعات الترسب — إطالة فترة التشغيل
- التحقق بعد التنظيف — إثبات استعادة الحمل والنظافة

## اليوم 4: التصميم الميكانيكي واهتزاز الأنابيب

- حزم اللوح الثابت والأنابيب على شكل حرف U والرأس العائم — أثرها على إمكانية الإصلاح
- تباعد الحواجز ودعم الأنابيب — قراءة قابلية الاهتزاز
- آليات الاهتزاز الناتج عن التدفق — تشخيص فشل الأنابيب عند فتحات الحواجز
- ألواح الصدم وتآكل المدخل — حماية الصفوف الأولى من الأنابيب
- إجهادات التمدد الحراري — تقييم تشقق اللوح والوصلات

## اليوم 5: تقنيات فحص الأنابيب

- الفحص بالتيارات الدوامية للأنابيب غير المغناطيسية — كشف فقد الجدار والتنقر
- طرق المجال البعيد والموجات فوق الصوتية الدوارة — فحص أنابيب الفولاذ الكربوني
- الفحص البصري وبالمنظار الداخلي — عيوب وجه اللوح ونهايات الأنابيب
- خطط عينات الفحص — اختيار النسبة ومواقع الأنابيب
- خرائط الأنابيب — تسجيل العيوب لقرارات الإصلاح

## اليوم 6: طرق اختبار تسرب الأنابيب

- الاختبار الهيدروستاتيكي لجهة الغلاف — تحديد الأنابيب والوصلات المسربة
- اختبار التسرب بالهيليوم والغاز الكاشف — العثور على تسربات الوصلات الصغيرة
- اختبار نهايات الأنابيب بالتفريغ والهواء — فرز سريع في الورشة
- حلقات الاختبار وتجهيزات الرأس العائم — عزل وصلات اللوح
- معايير قبول اختبار التسرب — اعتماد الحزم لإعادة التجميع

## اليوم 7: السد والتبطين وإصلاح وصلات الأنابيب

- طرق سد الأنابيب واختيار السدادات — عزل مؤقت أو دائم
- تبطين الأنابيب والبطانات الداخلية — إصلاح تآكل نهايات الأنابيب
- إعادة تمديد الأنابيب — استعادة إحكام الوصلات الممددة المسربة
- لحام إحكام نهايات الأنابيب — متى تلزم الوصلات الملحومة
- حساب حد السد — التحقق من الحمل والسرعة المتبقيين

## اليوم 8: إعادة التأنيب واستبدال الحزمة

- اقتصاديات إعادة التأنيب مقابل حزمة جديدة — مقارنة تكلفة دورة الحياة
- ترقية مواد الأنابيب — خيارات الفولاذ المزدوج والتيتانيوم والسبائك
- نزع الأنابيب واستعادة ثقوب اللوح — تسلسل أعمال الورشة
- تجديد الحواجز وقضبان الربط — منع تكرار ضرر الاهتزاز
- مناولة الحزم ورفعها عند السحب — تجنب التلف أثناء الإخراج

## اليوم 9: تنفيذ التوقف والعودة إلى الخدمة

- تسلسل سحب الحزم في التوقفات — المسار الحرج وتخطيط الرافعات
- إعادة تجميع الحشوات وأغطية القنوات — إغلاق الرؤوس دون تسرب
- الاختبار الهيدروستاتيكي النهائي والإفراج عن حدود الضغط — التسليم إلى التشغيل
- التشغيل الأولي والتحقق من الحمل — تأكيد استعادة الأداء
- سجلات تاريخ الإصلاح في نظام إدارة الصيانة المحوسب — بناء الأدلة للقرارات اللاحقة

## اليوم 10: تطبيق ملف إصلاح حزمة المبادل

- صحيفة مؤشرات التنظيف — تطبيق حسابات الأداء من اليوم 2
- خريطة الأنابيب واختيار الإصلاح — تطبيق أساليب اليوم 5 واليوم 7
- إجراء اختبار التسرب لحزمة واحدة — تطبيق تقنيات اليوم 6
- توصية إعادة التأنيب أو الاستبدال — تطبيق اقتصاديات اليوم 8
- ملف إصلاح حزمة المبادل — مراجعة الزملاء والصيغة النهائية

## تطبيق إصلاح حزم المبادلات الحرارية واختبار تسرب الأنابيب بعد الدورة

- إعداد تتبع فرق الاقتراب الحراري ومقاومة الترسب لأكثر خمسة مبادلات حرجية في الموقع.
- مقارنة آخر تقرير لفحص أنابيب حزمة واحدة مع حد السد واقتراح قرار الإصلاح أو إعادة التأنيب.

## أسئلة حول إصلاح حزم المبادلات الحرارية واختبار تسرب الأنابيب

### ما إصلاح حزم المبادلات الحرارية واختبار تسرب الأنابيب، ولماذا يهم الآن؟

هو ممارسة تنظيف حزم المبادلات ذات الغلاف والأنابيب وفحصها واختبار تسربها وسد أنابيبها وإعادة تأنيبها لتعود إلى الخدمة بموثوقية. وطول فترات التشغيل وأهداف الطاقة ورحيل خبراء الورش تجعل قرارات الإصلاح المبنية على الأدلة ضرورية.

### ما الأدوار الأكثر استفادة من دورة إصلاح حزم المبادلات الحرارية واختبار تسرب الأنابيب؟

يستفيد أكثر مهندسو العمليات والمهندسون الميكانيكيون المسؤولون عن المبادلات، ومعهم مفتشو الأنابيب ومخططو التوقفات. وستستفيد إذا كنت تعتمد التنظيف أو السد أو إعادة التأنيب، أو توقع على الحزم بعد اختبارات التسرب.

### كيف يختلف إصلاح حزم المبادلات الحرارية واختبار تسرب الأنابيب عن دورة في تصميم المبادلات؟

يركز على صيانة الحزم العاملة لا على تحجيم حزم جديدة. فالتقييم الحراري والاهتزاز يظهران أدوات تشخيص، بينما يذهب معظم الوقت إلى الفحص واختبار التسرب والسد وإعادة التأنيب وتنفيذ التوقف.

### ماذا ستعود به من دورة إصلاح حزم المبادلات الحرارية واختبار تسرب الأنابيب؟

تعود بملف إصلاح لمبادل حرج واحد. ويضم مؤشرات التنظيف وخريطة الأنابيب مع خيارات الإصلاح وإجراء اختبار التسرب وتوصية إعادة التأنيب أو الاستبدال جاهزة لنطاق التوقف القادم.

## إصلاح حزم المبادلات الحرارية واختبار تسرب الأنابيب: الطريق إلى الأمام

يوجه ملف إصلاح حزمة المبادل أولا قرار تنظيف الحزمة الحرجة أو سد أنابيبها أو إعادة تأنيبها في التوقف القادم.
ويستخدمه مهندسو العمليات والمفتشون والمخططون للاتفاق على النطاق وطرق الاختبار. وبعد أول استخدام له يستحق حد السد ومؤشرات التنظيف المراجعة في ضوء نتائج الفحص الجديدة، ليتابع الملف طريقة تدهور تلك الحزمة فعلا.